

Valoaallot

Pieni tieteellinen koe muuutti pysyvästi tapaamme nähdä maailmaa.

Mitä valo on? Kuten voit varmasti kuvitella, monet ihmiset ovat pohtineet tätä kysymystä ja päätyneet mitä erilaisimpiin vastauksiin. 1700-luvulla Cristiaan Huygens ehdotti, että valo etenee kuin aallot vedessä. Newton vastusti kuitenkin hänen ajatustaan, koska Newton uskoi valon koostuvan pienistä hiukkasista.

Näistä kahdesta näkökannasta käytiin yli 150 vuoden ajan kovaa väittelyä tieteellisissä yhteisöissä. Sitten Thomas Young teki kokeen. Hän lähetti valoa kahden, toisiaan lähellä olevan kapean raon läpi. Jos Newton olisi oikeassa, raosta tulevat säteet muodostaisivat kaksi pientä pistettä varjostimelle, jotka olisivat kirkaampia vain niiden leikkauskohdassa. Mutta se, mitä Young kokeessaan havaitsi oli kuitenkin jotain aivan muuta, mikä epäilemättä todisti valon olevan aaltoja.

Toiset 100 vuotta myöhemmin Einstein ja Planck osoittivat ettei valo ole vain aaltoja, joten he kaikki olivat osittain väärässä ja osittain oikeassa – Newton, Huygens ja Young. Kuka tietää, ehkä joku jonain päivänä osoittaa myös Einsteinin ja Planckin olleen väärässä? Vaikka näin olisi, Youngin yksinkertainen koe nosti esille niin monta kysymystä, että vielä tänä päivänäkin tuhannet tiedemiehet tekevät hyvin samanlaisia kokeita. Lisäksi tutkijat hyödyntävät ilmiötä erittäin tarkkojen mittausten suorittamiseen.

Seuraavissa kokeissa pääset näkemään, mitä Thomas Young havaitsi tutkimuksessaan. Sen lisäksi, että näet valon käyttäytyvän aaltojen tavalla, mittaat jopa valon aallonpituuden.

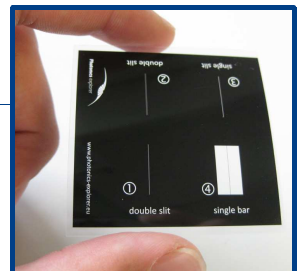


Seuraavien kokeissa on ehdottomasti noudatettava laserturvallisuusohjeita!

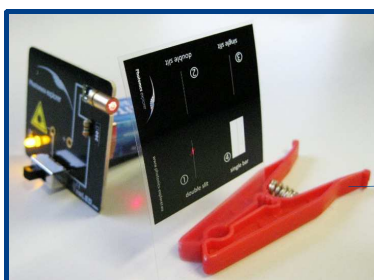
Valmistelut: Aseta halkaisijaltaan vähintään 8 cm kokoinen paperilappu, esimerkiksi muistilappu, laatikon pohjalle. Aseta laser hieman yli metrin päähän ja laita se päälle. Käännä laseria ja siirrä lapun paikkaa, niin että laserin piste on paperilapun keskellä.



1 Pidä **rakolevyä** varovasti sen reunoista välttäen jättämästä levyyn sormenjälkiä tai naarmuja. Katso tarkasti kohtia **1** ja **2**. Mitä näet?



Rakolevy



Pyykkipoika rakolevyä varten

Kaksoisrako: Aseta rakolevy esim. pyykkipojalla n. 20 cm päähän laser-yksiköstä. Huolehdi, että rakolevystä tuleva heijastus osoittaa alaspäin.



2 Suuntaa laser-säde numerolla **1** merkittyihin kahteen läpinäkyvään viivaan ja sen jälkeen numerolla **2** merkittyihin viivoihin. Mitä näet varjostimella? Piirrä muodostuvat **kuviot** alla oleviin ruutuihin:

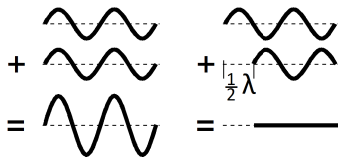
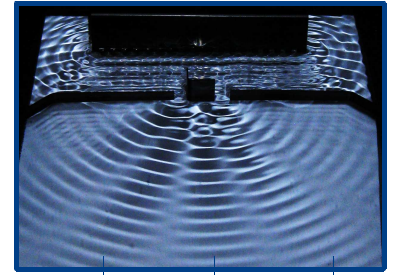
1

2



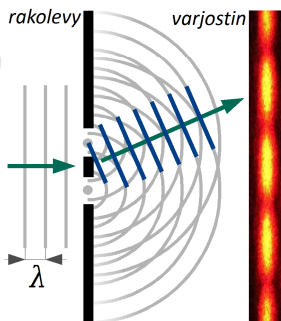
3 Mitkä asiat vaikuttavat näiden kuvioden muotoon? Esimerkiksi, mitä eroavaisuuksia havaitset numeroilla **1** ja **2** merkittyjen rakojen välillä? Entä, mitä kuviolle tapahtuu, jos **pyörität** levyä tai muutat levyn ja varjostimen välistä **etäisyyttä**? Kirjoita havaintosi ylös ja valmistaudu keskustelemaan niistä muiden kanssa.

Edellä tutkittuja valon muodostamia kuvioita kutsutaan diffraktiokuvioiksi. Ne muodostuvat kahden eri fysikaalisen ilmiön seurauksena: 1. **Diffraktio**. Valon läpäistyä kapean raon se ei jatka kulkuaan suoraviivaisesti vaan ikään kuin levittäytyy, muuten näkisimme varjostimella vain rakojen verran pisteitä. 2. **Interferenssi**. Kummastakin raosta levittäytyvä aalto interferoi keskenään. Muuten varjostimella nähtäisiin vain rakoja kohtisuorassa oleva kirkas viiva. Pienet pisteet, jotka näkyvät keskipisteen ympärillä ovat **diffraktiokertalukuja** ja ne numeroidaan yleensä keskeltä ulospäin.



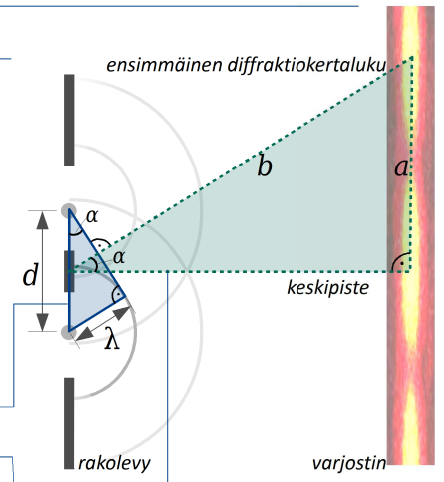
Vahvistava ja heikentävä interferenssi

④ Miksi diffraktiokuviossa on **kirkkaita** ja **tummia** alueita?



Kaksoisraon jälkeen muodostuvat aaltorintamat

Pienillä trigonometrisillä laskutoimituksilla on helppo laskea, missä kaikkialla raon läpi tulevat aallot interferoivat toisiaan vahvistavasti. Vasemman puoleisessa kuvassa on esitetty ensimmäisen kertaluvun eli keskipisteestä seuraavan pisteen muodostuminen. Jos katsomme tarkemmin oikeanpuoleista kuvaa, huomamme, että kulma α esiintyy kuviossa kahdesti. Itse asiassa koko yhtenäisellä viivalla piirretty kolmio on **samankaltainen** isomman, katkoviivoitetun **kolmion** kanssa (piirros ei ole mittakaavassa! b on paljon suurempi kuin a).



⑤ Todellisuudessa katkoviivoitettu kolmio on paljon piirroksessa kuvattua suurempi. Tästä huolimatta näiden kahden kolmion samankaltaisuuden takia on tähän kokeeseen liittyvien neljän suureen välille helppo muodostaa **yksinkertainen yhtälö**. Jokainen suure vastaa yhtä kolmioiden sivuista. Muodosta tämä yhtälö:

$$\frac{\text{aallonpituus } (\lambda)}{\text{rakoväli } (d)} = \frac{\text{aallonpituus } (\lambda)}{\text{rakoväli } (d)}$$

⑥ Osan yhtälön suureista pystyt mittamaan suoraan. Rakojen ① ja ② rakoleveydet on ilmoitettu alla olevassa taulukossa. Toista edellisen koe kummallakin kaksoisraolla, mittaa tarvittavat suureet ja määritä laserin **aallonpituus** (λ) kummankin kaksoisrakomittauksen osalta! Mieti kuitenkin ennen kokeen suorittamista voitko jollain tavalla hyödyntää muitakin kokeessa esiintyviä kirkkaita pisteitä tarkemman mittaustuloksen saamiseksi...

rako	d	a	b	λ
①	$80 \mu\text{m}$			
②	$200 \mu\text{m}$			

⑦ Mikään mittaus ei ole kuitenkaan koskaan täydellinen! Minkä asioiden arvelisit rajoittavan **mittaustarkkuutta** sinun kokeessasi?